

Aus der Abteilung für Mikromorphologie
(Leiter Professor Dr. med. dent. Hans Lenz) des Instituts für
Klinisch-theoretische Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde des
Fachbereiches für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

Elektronenmikroskopische Untersuchungen über Sekundärdentin in menschlichen Zähnen

Dissertation
zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnarzt Detlev Diebener
aus Hamm/Westf.

1977

Aus der Abteilung für Mikromorphologie
(Leiter Professor Dr. med. dent. Hans Lenz) des Instituts für
Klinisch-theoretische Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde des
Fachbereiches für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

ELEKTRONENMIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNGEN
ÜBER SEKUNDÄRDENTIN IN MENSCHLICHEN ZÄHNEN



Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnarzt Detlev Diebener
aus Hamm/Westf.

Referent: Professor Dr. med. dent. Hans LENZ

Korreferent: Professor Dr. med. Hans-Joachim MERKER



Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches Zahn-, Mund-
und Kieferheilkunde der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 31. Mai 1977

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
1. Einleitung	1
2. Literaturübersicht	2
3. Material und Methode	17
3.1. Material	17
3.2. Methode	17
3.2.1. Glutaraldehyd-Osmium-Fixierung und Einbettung	17
3.2.2. Das doppelte Einbettungsverfahren	18
3.2.3. Herstellung der Ultradünnschnitte	19
3.2.4. Nachkontrastierung	20
4. Ergebnisse	21
5. Diskussion	38
6. Zusammenfassung	47
7. Literaturverzeichnis	48

1 . E I N L E I T U N G

Unter Sekundärdentin versteht man dasjenige Dentin, das nach Abschluß der normalen Dentinentwicklung gebildet wird und vom normalen Dentin in irgendeiner Form mehr oder weniger abweicht. Wegen dieser Abweichungen wird das Sekundärdentin auch "irreguläres Dentin" genannt. Diese Irregularität kann sowohl in seiner Dentinegrundsubstanz als auch in der Zahl und dem Verlauf der neugebildeten Dentinkanälchen bestehen.

Man kennt heute eine ganze Reihe von Ursachen, die zur Sekundärdentinbildung führen, z.B. Karies, Abrasion, keilförmige Defekte, Zahnfrakturen, fortschreitendes Alter, Dentinneubildung bei Pulpa- bzw. Wurzelbehandlung.

Der überwiegende Teil der heutigen Erkenntnisse beruht auf lichtmikroskopischen Untersuchungen. Dabei sind zahlreiche unterschiedliche und teilweise auch verwirrende Meinungen entstanden. Aufgabe dieser Arbeit soll es daher sein, aus elektronenmikroskopischer Sicht eine Darstellung des Sekundärdentins zu geben.

2 . L I T E R A T U R Ü B E R S I C H T

Die meisten Forscher begnügten sich mit der im Lichtmikroskop feststellbaren histologischen Beschreibung der verschiedenen Variationen des Sekundärdentins. Erst in den letzten Jahren wurde auch das Elektronenmikroskop hinzugezogen.

Ende des vergangenen Jahrhunderts befaßte sich BÖDECKER als einer der ersten genauer mit den Folgen von Reizen, die den Zahn treffen können, und dem daraufhin gebildeten Sekundärdentin. Er schreibt, daß die Reizung nicht nur das Pulpagewebe, sondern das Dentin auch unmittelbar betrifft, was sich in der Obliteration einer Anzahl von Kanälchen äußert. Dabei werden die Kanälchen samt ihrem Inhalt zu Grundsubstanz umgewandelt. Das Sekundärdentin unterteilt er in drei Arten: 1. Sekundäres Dentin ähnlich dem primären, 2. sekundäres Dentin "vom blätterigen Bau", 3. sekundäres Dentin, "wie Knochen von Havers'schen Systemen hergestellt". "Sekundäres Dentin vom Bau ähnlich dem primären, ist offenbar das häufigste. Es weist nie eine solch regelmässige Anordnung von Zahncanälchen auf, wie primäres Dentin, besitzt jedoch eine hellere Farbe wegen der grösseren Menge von Canälchen, welche gleichzeitig in ihrer Richtung von jener der primären Canälchen mehr oder weniger abweichen." "Die zweite Art des sekundären Dentins besteht in der Bildung einer lamellierten Grundsubstanz von unregelmässigen Dentincanälchen durchzogen." "Die dritte und augenscheinlich seltenste Form von sekundärem Dentin ist die unter dem Namen 'Osteodentin' bekannte."

BÖDECKER betrachtete die Sekundärdentinbildung als eine wertvolle physiologische Funktion in den Zähnen älterer Individuen. Davor war man noch der Meinung, daß die Sekundärdentinbildung ein pathologischer Vorgang sei. Denn gleichzeitig damit treten auch die Verkalkungen und andere degenerative Veränderungen in der Pulpa auf.

BÖDECKER wies diese Meinung zurück. Die regressiven Veränderungen des Pulpengewebes träten nur in extremen Fällen der Irritation auf.

Schon 1907 unternahm REICH eine ausführliche Untersuchung über das Auftreten und die Vielfältigkeit von Sekundärdentin in menschlichen Zähnen. Er unterschied zwischen primärem und sekundärem Dentin im normalen Zahn auf Grund der Regelmäßigkeit und Anzahl der Dentinkanälchen pro Flächeneinheit. Er behauptete, daß sich dieses Gewebe während des Zeitraums bildet, in dem der Zahn in Gebrauch ist, und dementsprechend nannte er dies "Dentin der Gebrauchsperiode". Auch REICH unterscheidet drei Arten: Das irreguläre Dentin I. Ordnung: Es ist durch eine deutliche Knickung der Dentinkanälchen bzw. gleichzeitige seitliche Verschiebung charakterisiert.

Das irreguläre Dentin II. Ordnung: Auffallend starke Torsion mit gleichzeitiger Zwischenlagerung neuer Kanälchen, die freilich nicht selten völlig fehlen können.

Das irreguläre Dentin III. Ordnung: Einbeziehung bzw. Verlust der Odontoblasten, hochgradige Verminderung der Kanälchen und starke Zunahme der fibrillären Grundsubstanz sowie Verengung und Verödung der Kanälchen.

Um das Durcheinander der verschiedenen Bezeichnungen des Sekundärdentins in der Literatur zu beenden, schlägt KUTTLER 1959 vor, drei Typen Dentins zu benutzen:

1. Primäres Dentin: Das in der Dentinogenese gebildete Dentin.
2. Sekundäres Dentin: Das nach dem Beginn der normalen biologischen Funktionen (Kauen, thermische und chemische Reize etc.) gebildete Dentin. Dieses Dentin ist hauptsächlich vom Primärdentin getrennt durch eine Linie oder Grenzzone. Es ist weniger durchlässig und hat auch weniger Dentinkanäle, was von der Abnahme der Anzahl der Tomesschen Fasern herrührt. Es ist in der Farbe etwas dunkler als das Primärdentin, und

seine Kanäle sind mehr gekrümmt, manchmal winkelig, weniger regelmäßig und kleiner im Durchmesser. Dieses Sekundärdentin liegt gegenüber dem primären.

3. Tertiäres Dentin: Wird gebildet, wenn die Pulpenirritationen intensiver oder aggressiver werden und meistens die Grenze der Pulpentoleranz erreichen. Dieses Dentin unterscheidet sich von den oben erwähnten Typen in folgendem: a) Es ist ausnahmslos vor der irritierten Zone lokalisiert, b) die Dentinkanäle sind größtenteils irregulär, fast gewunden, c) die Kanäle sind in ihrer Anzahl verringert oder sie fehlen, d) die Verkalkung ist mangelhaft, e) es gibt zelluläre Einschlüsse, die sich in Zwischenräume umwandeln, f) es gibt Färbungsunterschiede.

Das Sekundärdentin wird in Bezug auf die Grundsubstanz verschieden eingeteilt. FISH unterscheidet ein hyalines Dentin, das nur wenige Dentinkanälchen enthält, von einem lamellären, das keine Dentinkanälchen enthält. Das lamelläre Sekundärdentin wird nur von den Pulpazellen gebildet, wenn alle Odontoblasten verschwunden sind. Nach FISH gewährt ein solches Sekundärdentin keinen guten Schutz für die Pulpa gegen Karies. Denn es schafft keine Möglichkeit für die Warnung der Pulpa, die weitere Schichten von Sekundärdentin deponieren könnte, um sich gegen die eindringenden Bakterien zu wehren. Das tubuläre Sekundärdentin kann dagegen dem Pulpengewebe durch dauernde Warnung einen besseren Schutz geben, da es immer neue Schichten von Sekundärdentin bilden kann. FISH definierte die Sekundärdentinbildung als eine spezifische Reaktion des Pulpengewebes auf die peripheren Schädigungen des Dentins. Auf grund verschiedener Untersuchungen ist er zu dem Schluß gekommen, daß die Dentinkanälchen des Sekundärdentins weder eine physiologische noch eine anatomische Verbindung mit denen des Primärdentins haben. Er unterscheidet zwei Phasen der Sekundärdentinbildung. Sofort nach der Schädigung der peripheren Enden der Tomesschen

Fasern wird eine sogenannte Barriere von Kalksalzen an den zentralen Öffnungen der Dentinkanälchen deponiert, die er als "homogene Zone" ("homogeneous zone") bezeichnet. Nachher wird auf ihr das Sekundärdentin gebildet. Er bezeichnet das Primärdentin, welches sich zwischen dem Sekundärdentin und der peripheren Läsion befindet als "tote Gegend" ("dead tract").

Nach ORBAN wird die Grundsubstanz des Dentins von den bindegewebigen Elementen der Pulpa gebildet in Form von Umwandlung argyrophiler Fasern in kollagene Fasermassen. Die Odontoblasten scheinen dabei in irgendeiner Weise auf den Verkalkungsvorgang einen Einfluß zu haben, und ihre Hauptaufgabe scheint darin zu bestehen, den Stoffwechsel im Zahnbein durch Kanalisierung desselben zu sichern.

BEVELANDER und BENZER verglichen die Grundsubstanz des Sekundärdentins von intakten und kariösen bleibenden Zähnen. Bei intakten bleibenden Zähnen fanden sie a) eine dichte Grundsubstanz, in der die Matrix opak erscheint und die Kanäle in verschiedenen Graden von Unregelmäßigkeit angeordnet sind, b) eine transparente Grundsubstanz, in der die Matrix Hyalin aufweist und die Kanäle unregelmäßig sind, ihre Zahl vermindert ist oder sie ganz fehlen. Alle untersuchten kariösen Zähne zeigten eine deutlich umschriebene Zone von physiologischem Sekundärdentin, der Pulpahöhle anliegend. Weiterhin beobachteten sie in jedem Zahn einen beträchtlichen Anstieg von verkalktem, transparentem Dentin, dem kariösen unter- oder anliegend. Abgesehen von der Auflösung des kariösen Dentins selbst war dies der einzige Unterschied in der Dentinstruktur. In anderen Exemplaren trat ein zusätzlicher Unterschied in der Dentinstruktur auf, bestehend aus einem zusätzlichen oder pulpalen Vorsprung aus Dentin. Die Dentinkanäle, die in Kontakt stehen mit diesem pulpennahen Gebiet, setzen sich peripherwärts in das kariöse Dentin fort. BEVELANDER und BENZER waren der Meinung, daß die morpho-

logischen Unterschiede von zusätzlichem Dentin denen gleich zu sein scheinen, die in der zirkumpulpalen Zone in normalen intakten Zähnen beobachtet wurden.

BURSTONE experimentierte an Mäusen mit radioaktivem Phosphor P 32, radioaktivem Chrom-Phosphat und der Schiff-Methode. Dabei fand er, daß die Bildung von abnormem Dentin durch ionisierende Strahlung im Zusammenhang steht mit der Anwesenheit sowohl von intrazellulärem als auch extrazellulärem Glykoprotein. Dies ließ ihn annehmen, daß die Strahlung die Pulpazellen und Odontoblasten so verändert, daß sie zu einer Produktion einer schwach geformten Grundsubstanz angeregt werden. Das niedrige Stadium der Anhäufung oder Organisation dieser Grundsubstanz ist angezeigt durch die Unlöslichkeit durch das Enzym "Kollagenase" und seine Wasserlöslichkeit. Seine Ergebnisse lassen eine Beziehung naheliegen zwischen dem Stadium der Verkalkung von Dentin und der submikroskopischen Organisation der Grundsubstanz.

KALNIN fand heraus, daß sich Dentinbrücken als irreguläres Dentin von unterschiedlichem Aussehen entwickeln, so als fibrilläres Dentin, Osteozement oder in wenigen Beispielen als reguläres Dentin.

ANDERSON führte Experimente an Hunden durch. Experimentell replantierte Hundezähne wurden auf die pulpodentinale Reparation untersucht. Die Hypothese war, daß die Art der dentinalen Antwort von dem Zustand der angrenzenden Pulpa abhängt. Die Antworten waren: 1. Reguläres, tubuläres, reparatives Dentin, 2. irreguläres, reparatives Dentin mit verminderter tubulärer Struktur, 3. irreguläres, reparatives Dentin mit eingeschlossenen Zellen (Osteodentin), 4. irregulärer (unreifer) Knochen, 5. regulärer (lamellärer) Knochen oder Zement, 6. interne Resorption und 7. Aplasie. Sieben kennzeichnende pulpale Umgebungen waren mit jeder der dentinalen Antworten verbunden, so die Hypothese unterstützend. Es wurde daraus

geschlossen, daß die Pulpa und das Dentin als ein Organ aufgefaßt werden sollten, wenn die dentinale Antwort durch die Pulpenmorphologie vorhergesagt werden kann und umgekehrt. Die Heilung vollzog sich schneller in den apikalen Teilen des Zahnes nahe der vaskulären Versorgung als in den koronalen Abschnitten, und das Dentin in diesem Gebiet war höher organisiert und von größerer Quantität als das im koronalen Gebiet gebildete.

Wie schon bei FISH erwähnt, kann man in entkalkten und gefärbten Präparaten zwischen dem Primär- und dem Sekundärdentin eine dunkle Linie sehen, die stark verkalkt ist. Sie wird in der Literatur verschieden genannt. GOTTLIEB bezeichnet sie als "stark verkalkte Linie" ("hypercalcified line"). ZANDER, SMITH und viele andere Forscher sprechen von einer kalkigen Barriere ("calcific barrier"). GURLEY und VAN HUYSEN nennen sie "Verletzungslinie" ("line of injury"), weil es sich hier um die ursprüngliche Stelle der Odontoblasten handle, die verletzt wurden und sich zurückzogen. Für ihre stärkere Verkalkung spricht die Tatsache, daß sie sich in entkalkten Präparaten intensiver mit Hämatoxylin-Eosin färbt als die anderen entsprechenden Partien. Das läßt sich daraus schließen, weil die stärker verkalkten Partien eines entkalkten Knochens mehr Farbstoff aufnehmen als schwächer verkalkte.

Das Prädentin des Sekundärdentins, der unverkalkte Streifen der Dentinegrundsubstanz, ist beträchtlich schmaler als derjenige des normalen Dentins. Das kann sehr wahrscheinlich auf die reduzierte Odontoblastenzone zurückgeführt werden. GOTTLIEB gibt dafür folgende Erklärung: Die Dentinkanälchen stellen eine Röhre dar, in denen die Gewebsflüssigkeit für die Ernährung des Dentins und Schmelzes zirkuliert. Solange die Gewebsflüssigkeit in den Dentinkanälchen zirkulieren kann, bleibt das Niveau der Vitalität des Dentins erhöht. Die Verkalkung des Prädentins wird aufgehalten. Wenn aber die Odontoblasten-

zahl durch ihre Degeneration reduziert wird, dann wird auch die Zahl der Dentinkanälchen vermindert, sie können also nicht mehr durch die Tomesschen Fasern offengehalten werden. Infolgedessen verkalkt die Dentinegrundsubstanz sofort nach ihrer Bildung.

ARWILL unterteilt eine pulpo-prädentinale Grenzzone in drei Schichten: 1. Die juxta-pulpale Zone, in der ziemlich große interzelluläre Zwischenräume existieren und die extrazellulären Fäserchen und Kollagenfasern ziemlich reduziert sind. In den Odontoblastenfortsätzen waren intrazytoplasmatische Fasern reichlich vorhanden. 2. Die pulpo-prädentinale Verbindung wurde charakterisiert durch eine Anhäufung von seitlichen Odontoblastenfortsätzen, so daß eine kontinuierliche zytoplasmatische Scheide an der prädentinalen Oberfläche gebildet wurde. Die auf diese Art gebildeten Fasern wurden verdichtet und die prädentinale Matrix gebildet. 3. In der juxta-prädentinalen Zone waren die Odontoblastenfortsätze in die Prädentinmatrix eingeschlossen. Außerdem wurden hier nervale Elemente beobachtet.

Der Prädentinstreifen ist gewöhnlich in seiner mittleren Partie am schmalsten. Seine seitlichen Partien sind dagegen noch verhältnismäßig breit, was auf eine noch andauernde Sekundärdentinbildung zurückgeführt werden kann. Wenn die Odontoblastenschicht vollkommen fehlt, dann kann das Prädentin nicht mehr erhalten bleiben, es verkalkt.

In Anlehnung an FISH spricht auch DARLING von einer "toten Gegend". Ihre Bildung sei eine Antwort auf den Gebrauch des Zahnes, die schon einsetze, lange bevor das Dentin endgültig ausgebildet ist. Der Reiz der Abnutzung bewirkt einen Anstieg der normalen physiologischen Produktion von peritubulärem Dentin durch die Odontoblasten. Unter günstigen Voraussetzungen führt dies zu einem fortschreitenden Verschluß des Kanals von der Schmelz-Dentin-

Grenze in Richtung Pulpa. Das Ergebnis sind total verschlossene Kanäle. Mit fortschreitender Abnutzung können die Odontoblasten etwas physiologisches Sekundärdentin produzieren. DARLING ist mit FISH der Meinung, daß die Dentinkanalenden an der Pulpa von einer hyalinen, verkalkten Schicht ohne Kanäle verschlossen werden, wenn die Abnutzung zu schnell voranschreitet. Wie dies geschieht, ist nicht sicher. Es kann sein, daß der Odontoblast seinen Fortsatz ablöst und den Kanal selbst verschließt, oder er kann absterben und durch eine neue Zelle ersetzt werden, die die Rolle des Odontoblasten übernimmt. Der Odontoblast oder sein Nachfolger fährt fort, irreguläres Sekundärdentin anzulagern. Während bei der Form der langsam fortschreitenden Karies, die hauptsächlich in Milchzähnen vorkommen soll, keine "tote Gegend" auftritt, soll sie jedoch bei der schnell voranschreitenden Form durch den Verschluß der Pulpenenden der angegriffenen Kanäle und die Nekrose ihrer protoplasmatischen Inhalte vorkommen. Zur Verdeutlichung stellt DARLING in einer Graphik die verschiedenen Möglichkeiten einer Reizantwort dar. Er unterteilt den Reifegrad des Dentins in "unreif", "reifend" und "reif", sowie den Reiz in "normal", "mild", "mäßig" und "stark". Im unreifen Dentin wird bei einem normalen Reiz lediglich peritubuläres Dentin gebildet, während es bei einem milden Reiz schon zur Obliteration von Kanälen kommt. Bei einem mäßigen Reiz kann es nach der Bildung von peritubulärem Dentin zum Absterben der Odontoblasten und der Fortsätze verbunden mit einer Pulpitis kommen. Danach wird am pulpennahen Ende des Dentinkanals eine hyaline Schicht und dann Sekundärdentin gebildet. Am peripheren Ende kann es anschließend zum Verlust oder zur Entkalkung des peritubulären Dentins kommen. Ein starker Reiz führt nach der Bildung von peritubulärem Dentin sofort zum Verlust des Odontoblasten samt Fortsatz und zur Pulpitis. Im reifenden Dentin bewirkt schon ein normaler Reiz den totalen Verschluß der Kanäle durch peritubuläres Dentin. Diese Obliteration schreitet bei einem milden

Reiz weiter fort, während ein mäßiger Reiz eine Entkalkung der Obliteration zur Folge hat. Diese Entkalkung schreitet bei einem starken Reiz so schnell voran, daß der Dentinkanal eröffnet wird, was das Absterben des Odontoblasten und eine Pulpitis nach sich zieht. Es folgt der Anbau einer hyalinen Schicht und von Sekundärdentin. Ist das Dentin ausgereift, so ist bei einem normalen Reiz die Obliteration noch weiter zur Pulpa hin fortgeschritten. Es ist dies auch bei einem milden Reiz der Fall. Ein mäßiger Reiz verursacht den Verlust oder die Entkalkung des peripheren Dentins. Eine Zunahme des Reizes bis zur maximalen Stärke führt wiederum zur Eröffnung des Dentinkanals und dem damit verbundenen Absterben des Odontoblasten einschließlich Fortsatz und der Bildung der hyalinen Schicht und des Sekundärdentins.

Auch SCHROEDER gibt an, daß peritubuläres Dentin schon während der Zahnentwicklung gebildet wird. Die Bildung setzt schon ein, sobald die erste geschlossen-mineralisierte Dentinschicht an der Peripherie der Zahnpapille entstanden ist. Die organische Matrix des peritubulären Dentins wird von den Odontoblastenkörpern synthetisiert, dann in den Fortsätzen in die Peripherie transportiert, seitlich sezerniert und zwischen bereits mineralisierter Kanalwand und der zytoplasmatischen Membran des Odontoblastenfortsatzes abgelagert. Sie wird schnell mineralisiert. Der Mineralisationsgrad ist durch die hohe Dichte von Apatitkristallen höher als der des intertubulären Dentins. Während der Entstehung des weiteren zirkumpulpalen Dentins wird das peritubuläre Dentin gleichzeitig mit dem intertubulären gebildet. Beim Abschluß der Bildung des zirkumpulpalen Dentins hat das peritubuläre Dentin bereits eine erhebliche Dicke erreicht, das heißt, daß der Odontoblastenfortsatz dementsprechend dünner geworden ist. Zu dieser Zeit reicht das peritubuläre Dentin nicht ganz bis an die Dentin-Prädentin-Grenze. Später wird das peritubuläre Dentin auch im physiologischen Sekundärdentin gebildet. Es fehlt jedoch im Bereich

des Interglobulardentins und im Prädentin. Die Bildung des peritubulären Dentins stellt nicht nur einen physiologischen Alterungsprozeß, sondern auch eine Schutzmöglichkeit der Pulpa dar. In Extremfällen führt sie zum vollständigen Verschluß des Dentinkanals.

GOTTLIEB ist der Ansicht, daß sich die Odontoblasten nach der Überwindung der ersten Störung wieder erholen können. Das scheint er daraus zu schließen, weil die ersten Schichten des Sekundärdentins, die unmittelbar nach der schädigenden Einwirkung auf die Odontoblastenfortsätze gebildet werden, gewöhnlich nur spärlich Dentinkanälchen enthalten. Die später deponierten Schichten enthalten dagegen mehr Dentinkanälchen. Das sei auf ein "Erholen" der Odontoblasten zurückzuführen, d.h., sie sind in der Lage, wiederum ihre Fortsätze in die Dentingrundsubstanz zu entsenden, was zu ihrer Kanalisierung führt.

ORBAN konnte bei seinen Experimenten an Hunden feststellen, daß geringe Konzentrationen Paraformaldehyds, in die Kavitäten appliziert, die Odontoblasten nicht oder nur ganz gering schädigten. Das entstandene Sekundärdentin wies eine regelmäßige Struktur auf. Höhere Konzentrationen des Formalins vermochten die Odontoblasten so zu schädigen, daß sie teilweise verschwanden. Infolgedessen enthielt das gebildete Sekundärdentin nur spärlich Dentinkanälchen. Aber ihre Zahl nahm nahe der Pulpa gewöhnlich etwas zu, was vermuten läßt, daß die Odontoblasten die Formalinschädigung überwinden und sich, wenn auch nicht ganz, wenigstens zum Teil "erholen" können.

EULER und REBEL weisen darauf hin, daß es irrtümlich sei, von einem "Erholen" der Odontoblasten zu sprechen. Es müssen sekundär neue Odontoblasten gebildet werden, um die zugrunde gegangenen zu ersetzen. Denn es sind ja Zellen hoher Differenzierung, und wenn sie einmal der regressiven Metamorphose verfallen sind, können sie sich nicht wieder bis zur vollen Leistungsfähigkeit erholen.

Es stellt sich die Frage, woher die Odontoblasten stammen können, denn bei der Amputation des Pulpengewebes z.B. sind sie vollkommen beseitigt. Theoretisch sind zwei Möglichkeiten denkbar. Sie können sich aus undifferenziierten Mesenchymalzellen der Pulpa entwickeln oder aus den primären Odontoblasten durch deren Teilung entstehen. EULER und REBEL nehmen die erste Möglichkeit an. Sie halten den Funktionsreiz für die häufigste Ursache, die zur sekundären Odontoblastenbildung führt. Aber auch bei Karies und Traumen kann sehr häufig eine sekundäre Odontoblastenbildung beobachtet werden. Das Vorhandensein von differenzierungsfähigen Mesenchymalzellen bildet die Voraussetzung für die sekundäre Odontoblastenbildung. Die sekundär gebildeten Odontoblasten sollen viel labilere Zellen sein als die primären und von diesen gestaltlich etwas abweichen. Es muß angenommen werden, daß das Pulpengewebe in einem weitaus höheren Maße regenerationsfähig ist, als bisher angenommen. Da das Pulpengewebe dem embryonalen Bindegewebe noch sehr nahe steht, ist es in der Lage, auch zu einem späteren Zeitpunkt seine Zellen in die hochdifferenzierten Odontoblasten umzuwandeln. Die Fibrozyten werden zu Fibroblasten, aus denen dann die Odontoblasten entstehen.

Andererseits scheint die Stärke des Reizes für das Schicksal der Odontoblasten verantwortlich zu sein. Ist der Reiz mild, so daß er noch als physiologisch bezeichnet werden kann, dann hält WANNENMACHER die Schädigung der Odontoblasten für gering. Das Sekundärdentin wird dann langsamer gebildet und zeigt deswegen nur wenige strukturelle Unterschiede zum normalen Dentin. Er konnte das bei Untersuchungen von keilförmigen Defekten feststellen.

YOSHIDA und MASSLER, die die Pulpenreaktion auf Dentinkaries untersuchten, zeigten, daß die reparative Dentinbildung bei der oberflächlich tätigen Schädigung beginnt, dann während der hemmenden Periode langsamer wird. Das

reparative Dentin, das unter oberflächlichen kariösen Läsionen gebildet wird, war sehr regelmäßig, während es bei tiefen kariösen Läsionen sehr irregulär war.

Unter den Autoren finden sich als die ersten KRAMMER und MCLEAN, die eine quantitative Berechnung durchführten, indem sie mehrere Anzeichen benutzten, um die verschiedenen Zuwachsraten zu kennzeichnen. Diese Versuche wurden an menschlichen Zähnen durchgeführt.

STANLEY, WHITE und MCCRAY führten Messungen über den täglichen Anstieg von Sekundärdentin in verschiedenen Zeiträumen durch. In dem Intervall von 27 bis 48 Tagen nach der Kavitätenpräparation war die Wachstumsrate mit $3,5 \mu$ pro Tag am höchsten. Die durchschnittliche Rate für die gesamte Länge betrug $1,49 \mu$ pro aktivem Tag.

BUNTING und HILL behaupteten, daß Sekundärdentin kaum in Milchzähnen beobachtet wird. Die Untersuchungen von BENZER, BEVELANDER, CORBETT und vor allem IRELAND andererseits zeigen jedoch klar, daß sich Sekundärdentin auch in Milchzähnen bildet.

Untersuchungen über die Ablagerungsstellen des Sekundärdentins führten KÖNIG, PHILIPPAS und APPLEBAUM sowie BENZER durch. Bei BENZER zeigt eine Serie von 51 durchgebrochenen Molaren von Patienten im Alter von acht bis 65 Jahren, daß physiologisches Sekundärdentin gänzlich nach einigen Jahren nach dem Durchbruch entwickelt ist und danach langsamer wächst, aber kaum die Pulpenkammer ausfüllt. Wenn nach dem Durchbruch sich die Wurzeln der Vervollständigung nähern oder sich gerade vervollständigt haben, legt sich eine Kappe von klarem irregulärem Sekundärdentin auf den Boden der Pulpenkammer. Als nächstes wird Sekundärdentin entlang der Wurzelkanäle angelagert und am Dach der Pulpenkammer. Wenn die Zähne älter werden, tritt eine weitere Verdichtung des physiologischen Sekundärdentins auf. Untersuchungen an einwurzeligen Zähnen zeigten einen Entwicklungstrend gleich

dem, wie er für mehrwurzelige Zähne beschrieben wurde.

Mehrere Forscher unternahmen Experimente über die Wirkung verschiedener plastischer Füllungsmaterialien (Silberamalgam, Silikat etc.). GURLEY und VAN HUYSEN konnten eine mehr oder weniger ausgesprochene Sekundärdentinbildung feststellen, je nachdem was für ein Füllungsmaterial verwendet wurde. Die Odontoblasten unter dem Sekundärdentin waren immer zahlenmäßig und in ihrer Größe reduziert.

KRÜGER und RAKUTTIS behaupteten, daß Sekundärdentin verschiedener Arten im Zusammenhang mit dem Alter in der Röntgenstrahlenadsorption variieren kann und mehr verkalkt wird als das benachbarte Dentin.

AMPRINO und CAMINNI berichteten, daß der Unterschied in der Verkalkung von dem relativen Alter des Sekundärdentins abhängen kann. Bei ständiger Karies kann er gleich oder 6-10 % höher sein als der von primärem Dentin.

JAMES, SCHOUR und SPENCE schlugen vor, einen ID-Index zu gebrauchen, um die pulpale Antwort im Hinblick auf Entzündung (I=inflammation) und Sekundärdentin (D) zu berechnen, und berichteten über eine Studie an menschlichen nicht kariösen, mit Kavitäten präparierten Zähnen. Sie unterteilten die Sekundärdentinbildung auf grund des gebildeten Anstiegs und stellten fest, daß der Anstieg und die Qualität des Sekundärdentins von den Faktoren des Irritationsgrades und der Zeit abhängt.

In den letzten Jahren wurden in steigendem Maße Untersuchungen mit Hilfe des Elektronenmikroskops durchgeführt. Dabei standen die Veränderungen des Dentins und der Pulpa bei Karies, Abrasion und keilförmigen Defekten im Vordergrund (LENZ, GUGGOLZ, KRÄLING). REKATE untersuchte die durch eine Caries profunda hervorgerufenen

Veränderungen in Dentin und Pulpa im Hinblick auf die Menge kariösen Dentins, die bei der konservierenden Behandlung nach dem Exkavieren am Kavitätenboden belassen werden kann. Je nach der Ausdehnung der Karies und der dadurch bedingten Präparation wies der Kavitätenboden verschiedenartige Strukturen auf. Im erweichten, kariösen Dentin sind die Hydroxylapatitkristalle zum Teil aufgelöst. Mikroorganismen sind in die Grundsubstanz und Kanäle eingedrungen. Etwas tiefer zur Pulpa hin ist die Grundsubstanz unverändert, die Dentinkanäle aber sind in der Mehrzahl obliteriert. Im kariesfreien Dentin ist die Grundsubstanz ebenfalls unverändert, die Kanäle sind offen, nur vereinzelt sind peritubuläre Dentinbildung und passive Mineralisation zu beobachten. Weiter pulpenwärts sind die Kanäle offen, aber es befinden sich nur noch Odontoblastenfortsatzreste darin. Außerdem ist kein peritubuläres Dentin zu finden. Die nächste Schicht besteht aus kollagenen Fibrillen, an die sich die Odontoblasten anschließen. Dazwischen jedoch und auch in den Odontoblasten selbst befinden sich zahlreiche Vakuolen, d.h., die Pulpa ist degeneriert.

WYLUZKI gibt Beispiele an für die möglichen Reaktionsweisen der Pulpa nach direkter und indirekter Überkappung mit Calxyl. Im Falle der direkten Überkappung ergaben die Untersuchungen aus der Dentinbrücke, daß unter günstigen Voraussetzungen eine echte Dentinneubildung zum Verschluß der Perforationsstelle zur Pulpa möglich ist. Die Dentinneubildung wird als Leistung neudifferenzierter Odontoblasten diskutiert. Sie verläuft analog der primären Dentinogenese. Im Falle der indirekten Überkappung zeugten peri- und intratubuläre Mineralisation von einem regressiven Verhalten der Odontoblasten gegenüber dem chronischen Reiz der Karies. Die neugebildeten Hartsubstanzen stellen eine passive Mineralisation der retikulär atrophierten Pulpa dar.

Der Überblick der auf lichtmikroskopischen Untersuchungen beruhenden Arbeiten zeigt die Vielfalt dieser älteren Beschreibungen und die daraus resultierende Verwirrung. Die in der Literatur bestehenden verschiedenartigen Ansichten über die Struktur und Bildung des Sekundärdentins lassen sich nicht zusammenfassen. Eine Wende oder eine neue Epoche trat erst ein, als das Elektronenmikroskop hinzugezogen wurde. Auf grund des hohen Auflösungsvermögens des Elektronenmikroskops konnten neue Erkenntnisse über die Strukturen des Sekundärdentins hinzugewonnen werden. Die im Lichtmikroskop gefundenen Ergebnisse sind topographisch noch von Wert, die beschriebenen Fein- oder Einzelheiten jedoch überholt. Es stellte sich heraus, daß die Grundsubstanz des Sekundärdentins aus kollagenen Fibrillen besteht. Diese Fibrillen werden durch die Einlagerung von Hydroxylapatitkristallen mineralisiert. Desweiteren wurde deutlich, daß die Dentinkanälchen nicht inhaltslos sind, sondern von den Fortsätzen der Odontoblasten ausgefüllt werden.

Geklärt wurde auch die Dentinogenese. Es zeigte sich, daß die Odontoblasten die Dentinbildner sind. Das Ausscheidungsprodukt dieser Odontoblasten ist das Dentin. Folglich sind alle Arten des Dentins, einschließlich des Sekundärdentins, ein Ausdruck der Zelltätigkeit der Odontoblasten. Es ist anzunehmen, daß die Reize, die auf einen Zahn treffen, auch die Antwortfähigkeit der für die Bildung des Sekundärdentins zuständigen Zellen beeinflussen und somit ein Produkt, nämlich Dentin, von unterschiedlicher Strukturenqualität entstehen kann. Dies elektronenmikroskopisch darzustellen, war Aufgabe der vorliegenden Arbeit.

3 . M A T E R I A L U N D M E T H O D E

3.1. Material

Zur Untersuchung gelangten obere und untere Weisheitszähne, die verlagert, impaktiert oder erst kurze Zeit durchgebrochen waren. Dabei wurde darauf geachtet, daß die Weisheitszähne noch keine Anzeichen einer Karies aufwiesen.

Desweiteren wurden mit Füllungen versehene, aber vitale obere und untere Prämolaren und Molaren verwandt, die aus prothetischen Gründen extrahiert werden mußten.

3.2. Methode

Zum Zwecke der Pulpenreizung wurde mit dem Airotor und einer kleinen diamantierten Walze unter ständiger Wasserkühlung eine Kavität an der Krone der Weisheitszähne angelegt, so tief, bis Dentin sichtbar wurde oder der Patient angab, einen Schmerz zu empfinden. Die Kavitäten wurden anschließend nicht verschlossen.

Bei noch nicht durchgebrochenen Weisheitszähnen wurde die Gingiva mit einem Oberflächenspray anästhesiert.

Nach einem Zeitraum von neun bis zu vierzig Tagen wurden die Weisheitszähne - teilweise operativ - entfernt und der histologischen Untersuchung zugeführt.

3.2.1. Glutaraldehyd-Osmium-Fixierung und Einbettung

Nach den Extraktionen wurden die Kronen sowohl der Weisheitszähne als auch die der mit Füllungen versehenen Zähne sofort von den Wurzeln mit einer diamantierten Scheibe unter ständiger Wasserkühlung getrennt. Bis zur weiteren Verarbeitung wurden die Kronenteile für mehrere Tage in einer 5 %-igen phosphatgepufferten Glutaraldehydlösung gelagert.

Die weitere Fixierung und erste Einbettung in Mikropal erfolgte folgendermaßen:

- a) Das mit Glutaraldehyd fixierte Präparat wird mit physiologischer Kochsalzlösung ausgewaschen,
- b) für mindestens 18 Stunden in ein Phosphatpuffergemisch von pH 7,2 gegeben,
- c) in veronalazetatgepufferter isotonischer OsO_4 -Lösung von pH 7,2 weiter fixiert,
- d) mit physiologischer Kochsalzlösung abgespült,
- e) in folgender Reihenfolge entwässert:
 - 5 Min. in 50 %-igem Alkohol
 - 5 Min. in 75 %-igem Alkohol
 - 5 Min. in 95 %-igem Alkohol
 - 2 x 10 Min. in absolutem Alkohol
 - 1 x 30 Min. in absolutem Alkohol
 - 3 x 30 Min. mit Styrol überspülen
- f) in Mikropal-Styrol im Verhältnis 1 : 1 unter Zusatz von Katalysator und Aktivator überführt,
- g) nach einer Stunde in Mikropal (+ Katalysator + Aktivator) überführt und 24 Stunden bei Zimmertemperatur gelagert,
- h) in Eiswürfelkästchen gelegt und mit Mikropal (+ Katalysator + Aktivator) überschichtet,
- i) die Luft evakuiert und bei 60° C im Trockenschrank 12 bis 36 Stunden polymerisiert.

3.2.2. Das doppelte Einbettungsverfahren

Um sich später in den einzelnen Dentinbereichen beim Anspitzen der Präparate besser orientieren zu können, wurde ein doppeltes Einbettungsverfahren angewandt. Dabei wurden die Mikropalblöcke mit den darin enthaltenen unentkalkten Zähnen in einer Schneidemaschine (Firma DR. STEEG und REUTER) mit einer rotierenden Diamantscheibe unter laufender Wasserberieselung in Längsschnitte von ca. 1mm

Dicke zerlegt. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen die entsprechenden Bereiche

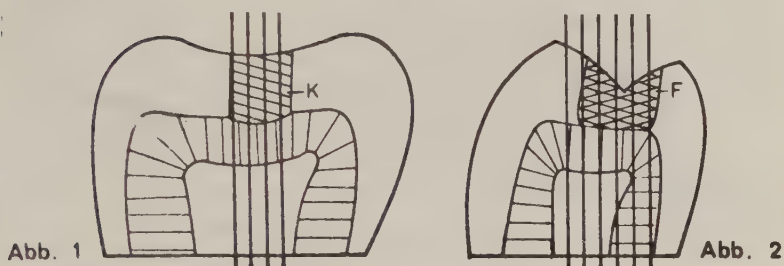


Abb. 1 und 2: K = Kavität, F = Füllung

Die einzelnen Scheiben wurden anschließend unter dem Binokular auf ihre Verwendbarkeit geprüft und fotografiert. Teilweise wurden von diesen Scheiben Dünnschliffpräparate hergestellt und unter dem Lichtmikroskop betrachtet und fotografiert. Danach wurden sie mit einer Trennscheibe zurechtgeschnitten, senkrecht in Gelatinekapseln gestellt, mit Mikropal (+ Katalysator + Aktivator) überschichtet und zur Vermeidung von Luftblasen 15 Minuten evakuiert. Nach der Polymerisationszeit von 24 Stunden konnte die Gelatinekapsel abgelöst werden. Die Präparate wurden danach für die Herstellung der Ultradünnschnitte hergerichtet.

3.2.3. Herstellung der Ultradünnschnitte

Für die Herstellung der Ultradünnschnitte wurden die Präparate mit einer Schneidemaschine (TM 60 der Firma C. REICHERT) so angespitzt, daß die zu untersuchenden Bereiche in der Spitze einer vierseitigen Pyramide zu liegen kamen.

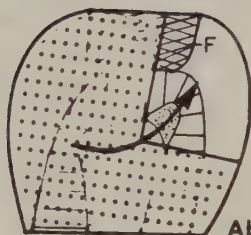
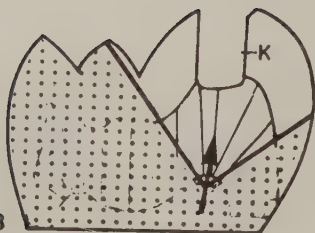


Abb. 3 und 4: Die Pfeile zeigen die Lage der Pyramidenspitzen im Verlauf der Anspitzungen. K = Kavität, F = Füllung

Von diesen Präparaten wurden mit Diamantmessern am Ultramikrotom (LKB ULTROTOME, Typ 4801) Dünnschnittserien von 600-700 Å Stärke hergestellt und nach Streckung mit Chloroformdämpfen in 20 %-igem Alkohol mit formvarbefilmten Kupfernetzen von 3 mm Durchmesser aufgefangen. Nach der Herstellung von fünf bis sechs Kupfernetzen wurde die Pyramide nachgespitzt. Hierbei hat sich der in den Abbildungen 3 und 4 gezeigte Weg von der Pulpa zum Dentin hin als der am zweckmäßigste erwiesen.

3.2.4. Nachkontrastierung

Die hier beschriebenen histologischen Präparationsmethoden eignen sich besonders gut zur Darstellung unentkalkter Hartsubstanzen. Organische Strukturen müssen jedoch zur besseren Differenzierung mit dem kollagenspezifischen Uranylazetat nachkontrastiert werden. Dazu werden die Kupfernetze für 30 Minuten mit der befilmten Seite nach unten auf Tropfen dieser Lösung gelegt und anschließend mit Aqua dest. abgespült.

Die elektronenmikroskopischen Untersuchungen wurden mit einem ELMISKOP IA der Firma SIEMENS & HALSKE AG mit einer Strahlenspannung von 80 kV durchgeführt.

4 . E R G E B N I S S E

Bekanntlich rufen Karies, Abrasion, Zahnfrakturen etc. Veränderungen in Dentin und Pulpa hervor. Diese Veränderungen sind Reaktionen des Pulpengewebes oder vielmehr der Odontoblasten auf diese Reize. In der vorliegenden Arbeit sollen diese Reaktionen an Zähnen, die mit Füllungen versehen waren, gezeigt und erklärt werden. Zur Kontrolle wurden außerdem Weisheitszähne untersucht, die keinen kariösen Defekt aufwiesen und zur Reizung mit Kavitäten versehen wurden.

Da erst durch die Kenntnis der normalen Verhältnisse Veränderungen erkannt und gedeutet werden können, wurden zunächst die Strukturen des Primärdentins aus anderen, nicht vom Reiz betroffenen Regionen des Zahnes elektronenmikroskopisch untersucht.

Das normale Dentin wird von einer Vielzahl von Dentinkanälchen durchzogen. Sie enthalten die Odontoblastenfortsätze. Die Zahl der Dentinkanälchen nimmt zur Pulpa hin zu. Hier enthält ein Quadratmillimeter ca. 64.000 Kanäle. Im peripheren Dentin sind es ca. 16.000 Kanäle pro mm^2 (nach SAUERWEIN), und ihr Durchmesser ist kleiner als in der Pulpennähe. Bei den Präparationen geht ihr Inhalt, der Odontoblastenfortsatz, teilweise verloren. Dadurch erscheinen sie auf den Abbildungen aufgrund der Fixationsmethode als nicht strukturiert und als vollkommen weiße Bezirke. Die Grundsubstanz des normalen Dentins wird von einem dreidimensionalen Geflecht von kollagenen Fibrillen durchzogen. Bei der Dentinbildung stellen sie die Matrix dar. Im Elektronenmikroskop sind sie an ihrer typischen Querstreifung zu erkennen, die sich je nach Qualität und Reifegrad der Grundsubstanz ändert. Die Abbildung 6 stammt aus einem solchen Bezirk. Hier sind die Kanäle offen und mit dem Odontoblastenfortsatz ausgefüllt.

Die Abbildungen 7 bis 15 entstammen Gebieten, die im Binokular bzw. Lichtmikroskop die Anlagerung von Sekundärdentin erkennen ließen. Ein solches Gebiet ist, wie in Abbildung 5 gezeigt, ein mit Sekundärdentin ausgefülltes Pulpenhorn.

Die Abbildung 7 zeigt die ersten schon im Primärdentin auftretenden Veränderungen. An den Wandungen der Kanäle kommt es zu einer Anlagerung von peritubulärem Dentin, das den Dentinkanälchen ein teilweise gezacktes Aussehen verleiht. Es handelt sich um ein dichteres Material aus kleinsten Kristallen.

Stellenweise ist die Anlagerung von peritubulärem Dentin so stark, daß es zu einer Obliteration der Dentinkanälchen kommt, wie es in Abbildung 8 zu erkennen ist. Die Lumina der Kanäle sind durch unterschiedlich dichte kristalline Anlagerungen verschlossen, und der zentrale Teil hebt sich etwas heller ab.

Es folgt weiter pulpenwärts ein Gebiet, in dem gar keine Dentinkanälchen mehr zu beobachten sind (Abbildung 9) die Grundsubstanz jedoch ein unterschiedliches Aussehen hat. Es überwiegt ein Hartgewebe zementoiden Charakters, wie die Abbildungen 9 bis 11 zeigen. In einigen Exemplaren konnte davon abweichend ein zementoides Sekundärdentin mit darin enthaltenen Kanälen beobachtet werden (siehe Abbildung 12).

Etwas weiter zur Pulpa hin folgt ein Gebiet, in dem die Grundsubstanz noch zementähnlich ist, aber schon kleine Dentinkanälchen von unregelmäßigem Aussehen auftreten. Die Abbildungen 13 und 14 stammen aus diesem Bezirk.

In dem sich anschließenden Prädentin erkennt man, wie in Abbildung 15 zu sehen ist, Odontoblastenfortsätze von ebenfalls unregelmäßigem Aussehen. Innerhalb der Odontoblastenschicht befinden sich einige Vakuolen.

Doch scheint eine Konsolidierung zustande gekommen zu sein.

Um festzustellen, wie ein Zahn auf kurzfristig einwirkende Reize reagiert, wurden impaktierte, retinierte oder erst gerade durchgebrochene Weisheitszähne ohne Karies mit Kavitäten versehen und nach einem Zeitraum von 9 bis 40 Tagen entfernt. Alle Weisheitszähne wiesen in etwa die gleichen Veränderungen auf. Die Abbildungen 16 bis 18 sind Ergebnisse dieser Untersuchungen. Die Dentinkanäle weisen noch keinerlei Anlagerung von peritubulärem Dentin auf. Ebenso unverändert ist die Grundsubstanz des Primärdentins. Die Odontoblastenfortsätze sind jedoch vakuolig degeneriert, zu erkennen an ihrer kammerartigen Aufteilung. Auch das Prädentin und die darin befindlichen Odontoblastenfortsätze sind abweichend von der Norm. Die Ausbildung von kollagenen Fasern ist vermindert und nimmt zur Pulpa hin noch mehr ab, Abbildung 17. Die gleichen Veränderungen wie in den Odontoblastenfortsätzen sind auch in der Odontoblastenschicht zu erkennen. Auf der Abbildung 18 sind zwischen den Odontoblasten und im Protoplasma der Odontoblasten selbst Vakuolen zu erkennen. Die Odontoblasten sind vakuolig degeneriert und somit nicht mehr in der Lage, reguläres Prädentin zu produzieren.

A B B I L D U N G E N

Abb. 5:

Die mit Hilfe des Lichtmikroskops gewonnene Aufnahme verdeutlicht die Anlagerung von Sekundärdentin in den Pulpenhörnern.

Abb. 6:

Übersichtsaufnahme des normalen Dentins. Die Tubuli zeigen keine Veränderungen.

Abb. 7:

Durch peritubuläres Dentin sind die Kanäle eingeengt. Die Grundsubstanz zeigt einen normalen Mineralisationsgrad.

Abb. 8:

Dentin mit total obliterierten Dentinkanälen. Das Zentrum hebt sich heller ab. Die Grundsubstanz ist normal mineralisiert.

Abb. 9:

Übersichtsaufnahme aus dem Grenzgebiet Dentin-Prädentin. Das Dentin ist unkanalisiert und von zementähnlicher Struktur.

Abb. 10 und 11:

Unkanalisiertes Dentin von zementoider Struktur und einem niedrigen Reifegrad. Die zementartige Struktur besteht aus kleinen Kristallen, während große Kristalle auf einen Reifungsprozeß zu Dentin hinweisen.

Abb. 12:

Dentin mit zementartiger Struktur und unregelmäßig geformten Dentinkanälchen.

Abb. 13:

Dentin zementoiden Charakters und ersten Mikrotubuli.

Abb. 14:

Gebiete ungleicher Mineralisation wechseln sich ab. Die Anzahl der Mikrotubuli nimmt zu. Ihr Aussehen ist unregelmäßig.

Abb. 15:

Die Übersichtsaufnahme entstammt dem Gebiet etwas näher zur Pulpa hin und zeigt das Grenzgebiet Dentin-Prädentin-Pulpa. Die Grundsubstanz des Prädentins ist von minderer Qualität. Die darin befindlichen Odontoblastenfortsätze weichen in ihrer Anzahl erheblich von der Norm ab. Ihre Gestalt ist unregelmäßig. In und zwischen den Odontoblasten befinden sich Vakuolen.

Die Abbildungen 16, 17 und 18 stammen von den mit Kavitäten präparierten Weisheitszähnen.

Abb. 16:

In den Dentinkanälen ist keine Ablagerung von peritubulärem Dentin sichtbar. Die Odontoblastenfortsätze sind vakuolig degeneriert. Das Prädentin ist schlecht ausgebildet.

Abb. 17:

Das Dentin ist von normaler Struktur. In den Kanälen ist kein peritubuläres Dentin sichtbar. Die Odontoblastenfortsätze sind vakuolig degeneriert. Ihre Anzahl nimmt zur Pulpa hin ab. Die Qualität des Prädentins vermindert sich in Richtung auf die Pulpa zu. Die Odontoblasten sind zerstört.

Abb. 18:

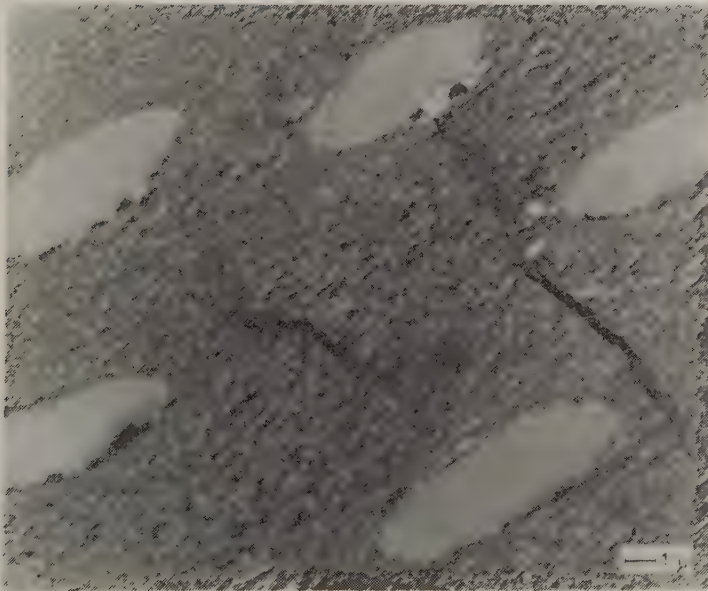
Odontoblastenschicht mit Vakuolen zwischen den einzelnen Zellen und im Protoplasma der Odontoblasten selbst.

Die bei einigen Aufnahmen auftretenden schwarzen Bezirke sind präparationsbedingte Artefakte, die bei der Her-

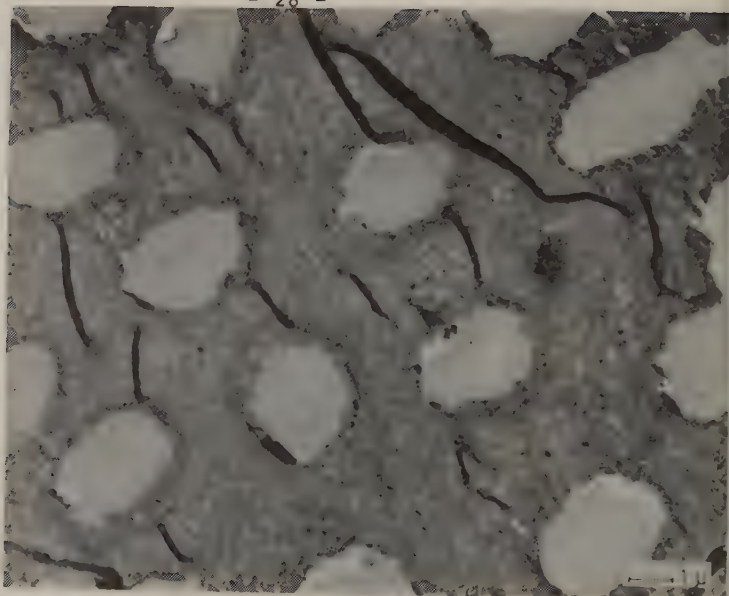
stellung der Dünnschnitte durch die unterschiedliche Konsistenz des Gewebes entstehen.



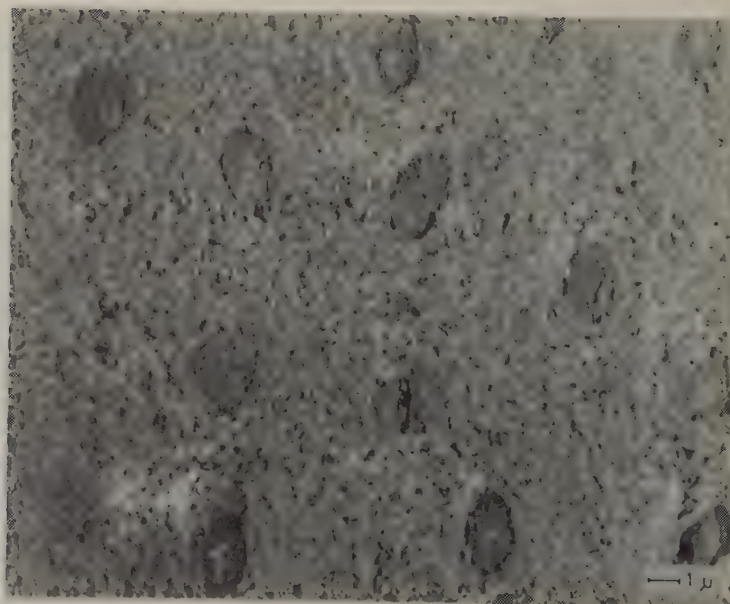
5



6

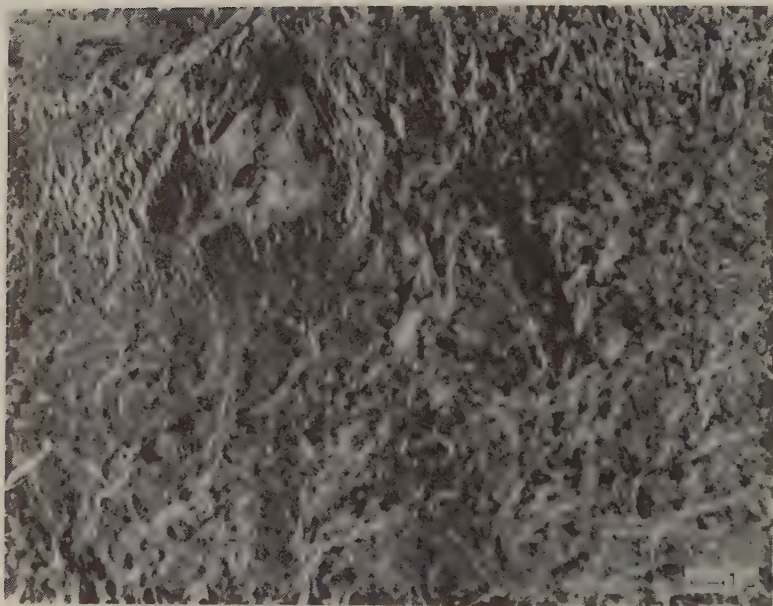


7

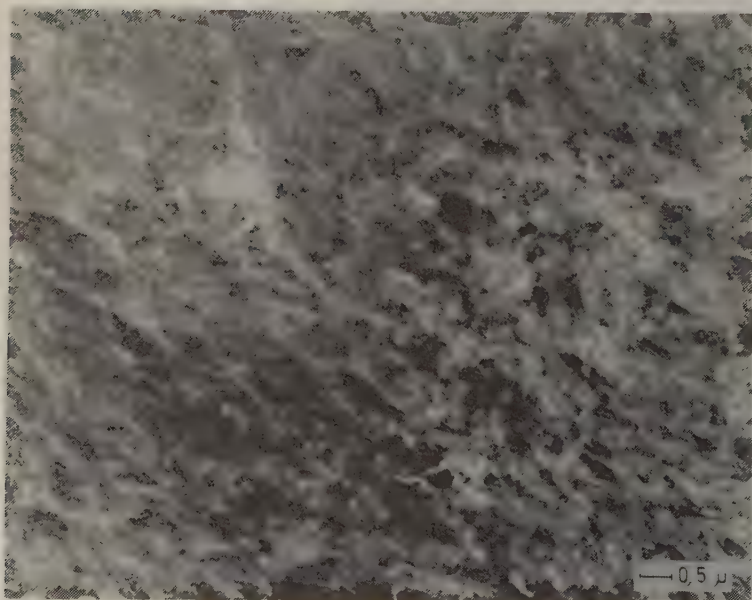


8

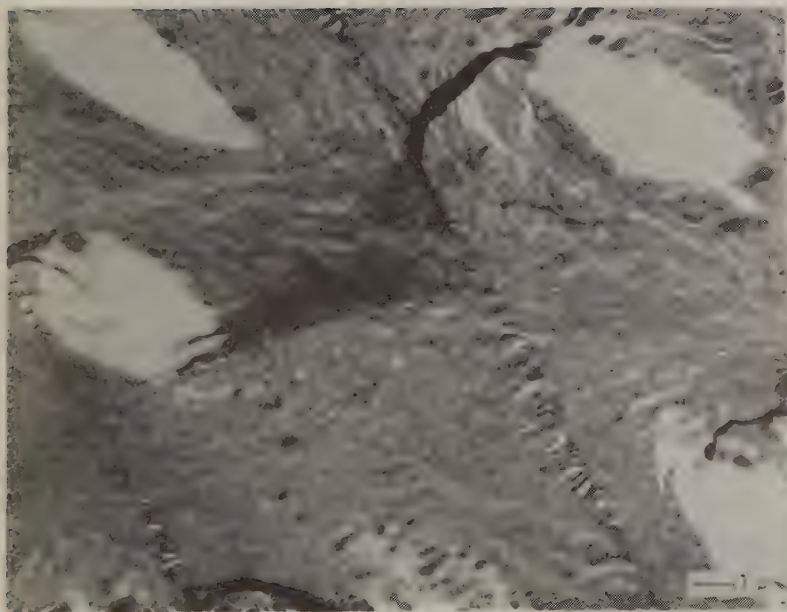


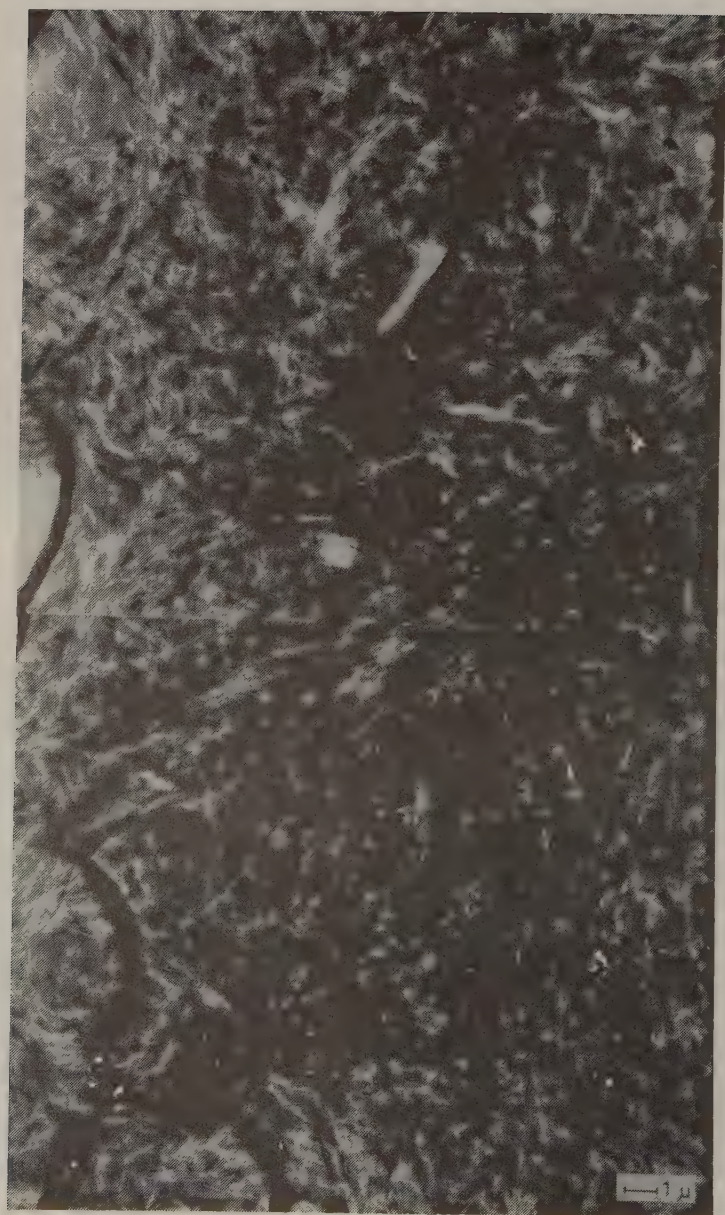


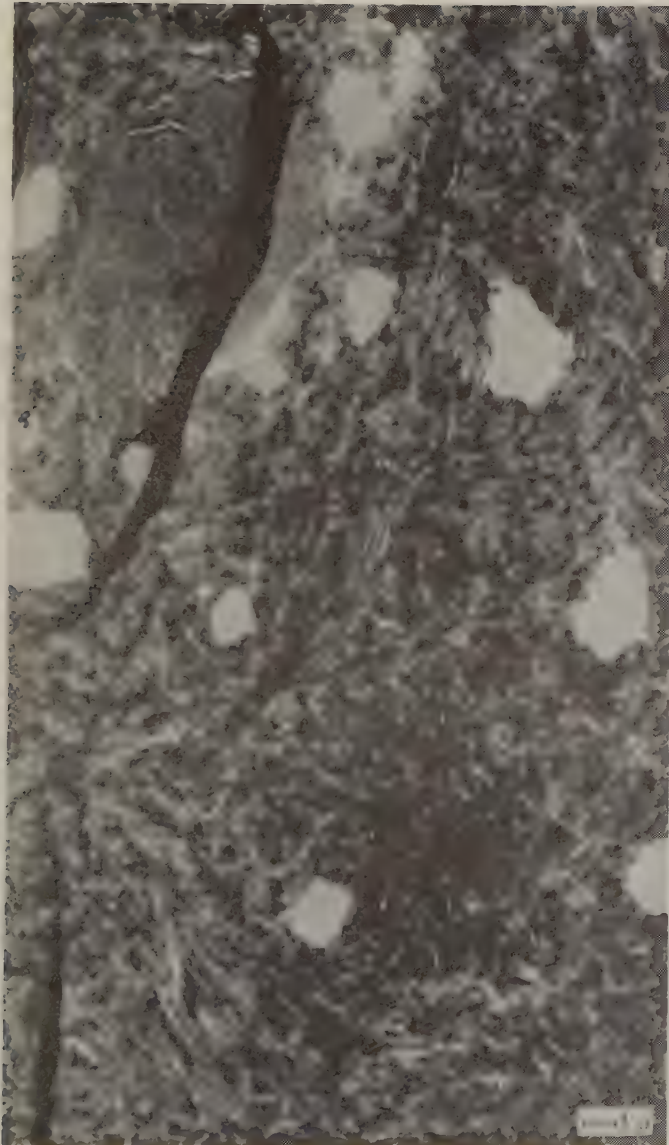
10



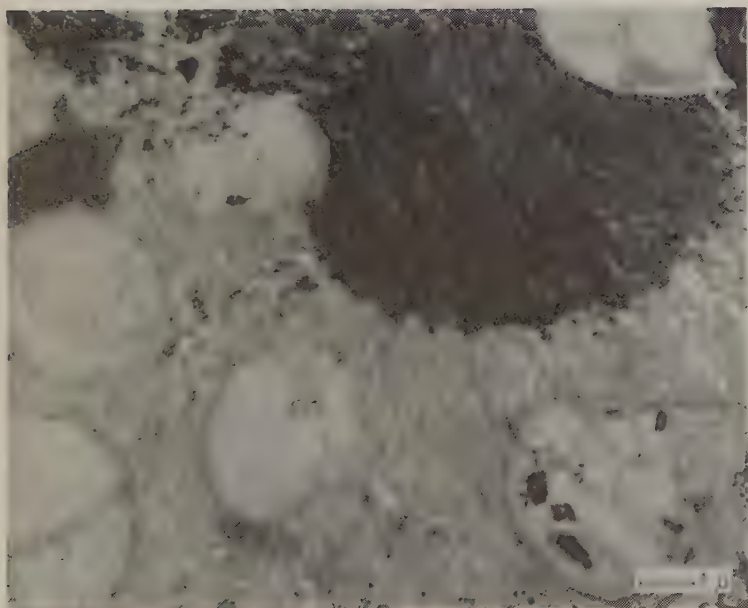
11

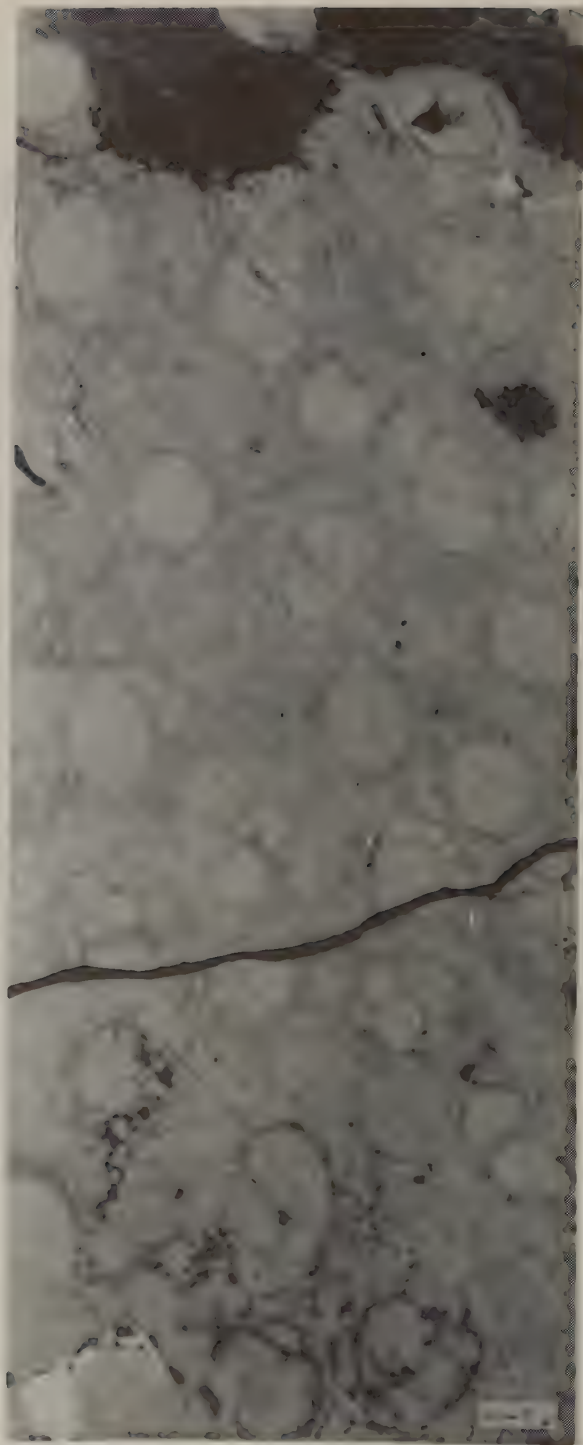














5 . D I S K U S S I O N

Wie die Literaturübersicht zeigt, ist der größte Teil der bisherigen Erkenntnisse durch lichtmikroskopische Beobachtungen begründet. Die Feinstrukturen der Grundsubstanz des Dentins und die der Dentinkanäle und der Odontoblastenfortsätze liegen jedoch an der Grenze des Auflösungsvermögens des Lichtmikroskops, d.h., daß die Einzelheiten dieser Schicht nicht exakt dargestellt werden können. So ist es verständlich, daß die Meinungen über diese Strukturen in der Literatur zum Teil erheblich auseinandergehen. Bei einem Auflösungsvermögen von ca. 7-10 $\text{\AA}$ gegenüber 2000 $\text{\AA}$ des Lichtmikroskops ist mit einem Elektronenmikroskop auch die genaue Darstellung der Ultrastrukturen in diesem Bereich möglich.

Darüberhinaus bieten das Elektronenmikroskop bzw. die damit verbundenen Methoden noch weitere Vorteile. Es ist von großer Bedeutung, daß es die in Kapitel 3 beschriebenen Einbettungs- und Präparationsverfahren ermöglichen, den jeweiligen Mineralisationszustand der Grundsubstanz und der Dentinkanälchen, so wie den ursprünglichen Zustand der Strukturen zwischen Pulpa und Dentin unverändert darzustellen, ein Faktum, das bei Untersuchungen mit dem Lichtmikroskop Schwierigkeiten hervorruft. Bei den in der Lichtmikroskopie angewandten Präparationsmethoden wird der Zahn vor der Schnittherstellung entmineralisiert. Dabei stellen sich die Dentinkanälchen weit geöffnet dar, weil zwangsläufig vorhandene Verkalkungen innerhalb der Dentinkanälchen ebenfalls aufgelöst und entfernt werden.

Als schwierig erweist sich bei elektronenmikroskopischen Untersuchungen die Tatsache, daß sich jeweils nur ein kleiner Ausschnitt abbilden läßt und dementsprechend die Darstellung bestimmter Bereiche eine genaue und gezielte Präparation erfordert. Durch die relativ einfache Verwendung der zweifachen Einbettung konnte dieser Forderung in der vorliegenden Arbeit nachgekommen werden.

Weiterhin bedeutet der kleine Ausschnitt für die Darstellung der Dentin- und angrenzenden Pulpastrukturen, daß es fast unmöglich ist, die Dentinkanälchen in ihrem gesamten Verlauf von der Odontoblastenschicht bis zur Schmelz-Dentin-Grenze in einer Aufnahme abzubilden. Wie aus Abbildung 19 ersichtlich ist, trägt neben dem kleinen Bildausschnitt auch noch die gewundene Form der Kanäle in sich dazu bei. Es ist im Elektronenmikroskop allenfalls ein runder bis ovaler Querschnitt darstellbar.



Abb. 19 : Kronendentin längsgetroffen. 1 = Dentinkanälchen mit längs- und quergetroffenen Seitenästchen, 2 = peritubuläres Dentin, 3 = intertubuläres Dentin. Die Pfeile zeigen evtl. mögliche Schnitttrichtungen bei der Herstellung der Ultradünnschnitte. (Modifiziert nach KUBOTA aus SAUERWEIN: "Kariologie")

Außerdem sollte man bei der Betrachtung elektronenmikroskopischer Aufnahmen beim Vergleich mit lichtmikroskopischen bedenken, daß sie nur einen winzig kleinen Ausschnitt aus einem großen Zusammenhang darstellen. Aus dem Vorliegen einer Vielzahl von Einzelbefunden ist es aber möglich, auf das Ganze zu schließen, vor allem,

wenn es sich wie beim Dentin um Strukturen handelt, die sich ständig wiederholen, und wenn die Untersuchungen in Bereichen stattfinden, die vor der elektronenmikroskopischen Betrachtung unter dem Lichtmikroskop ausgewählt und kontrolliert wurden.

Auf grund lichtmikroskopischer Untersuchungen schlugen mehrere Autoren vor, Dentinneubildungen auf verschiedenartige Reize in Klassen einzuteilen (KUTTLER, DARLING, SCHROEDER und andere). Diese voneinander abweichenden Einteilungen bezogen sich mehr oder minder auf den Reifegrad des Dentins und den Verlauf der Dentinkanälchen. Lediglich in der Klassifizierung der unterschiedlichen Reizstärke stimmen alle Autoren überein. In Analogie zu den aus lichtmikroskopischen Untersuchungen stammenden Einteilungen läßt sich auch aus elektronenoptischer Sicht eine Klassifizierung unter Zuhilfenahme der gemachten Untersuchungen und der dabei gewonnenen Abbildungen vornehmen, die jedoch - wie auch die oben genannten - nur einen rein theoretischen Wert besitzt:

Auf den vitalen Zahn können sowohl physiologische als auch pathologische Reize unterschiedlicher Stärke einwirken. Die Reize können den Zahn sowohl während der Dentinogenese als auch im ausgebildeten Zustand treffen. Wie LENZ und andere beschreiben, bewirken Reize, die während der Dentinogenese einwirken, Strukturunterschiede im Dentin, wie Interglobulardentin, Tomes'sche Körnerschicht usw.. Die Veränderungen reichen von der Ausbildung von normal kanalisiertem Dentin bis zu zementähnlichem Dentin.

Am bereits ausgebildeten Primärdentin können Veränderungen auf zweifache Weise erfolgen:

- a) entlang der Dentinkanälchen in Form einer Bildung von peritubulärem Dentin,
- b) durch Bildung von neuem Dentin auf das Primärdentin.

Diese bei den Untersuchungen beobachteten Veränderungen sollen im folgenden in der Reihenfolge ihres Auftretens aufgezeigt und beschrieben werden.

Beim frisch durchgebrochenen Zahn haben die Dentinkanälchen mit den Odontoblastenfortsätzen noch ihre ursprüngliche Form, wie sie während der Dentinogenese entstanden sind. Zwischen dem Dentin und den Odontoblasten befindet sich eine dünne Schicht des unverkalkten Prädentins, bestehend aus den kollagenen Fibrillen und den Odontoblastenfortsätzen. Die Odontoblasten selbst zeigen keine Veränderungen. Die Abbildung 6 zeigt ein entsprechendes Gebiet.

Bei Reizen wie Kauen, chemischen und physikalischen Einflüssen im physiologischen Bereich treten im Laufe der Zeit regressive Veränderungen im Primärdentin auf. Die Abbildung 7 verdeutlicht diese ersten elektronenmikroskopisch erfaßbaren Veränderungen im Dentin, die entlang der Dentinkanälchen bzw. an den Odontoblastenfortsätzen zu beobachten sind. Die Odontoblasten antworten auf die physiologischen Reize mit der Bildung von peritubulärem Dentin, d.h., die Durchmesser oder Lumina der Dentinkanälchen nehmen ab. Diese Obliterationen können, wie die Abbildung 8 zeigt, zum totalen Verschluß der Kanäle führen. Auch in der Pulpa selbst können degenerative Erscheinungen beobachtet werden. Zwischen dem Prädentin und den Odontoblasten und auch in dem Protoplasma der Odontoblasten und ihrer Fortsätze treten einige Vakuolen auf. Beim Vorliegen einer normal ausgebildeten Prädentinschicht mit den darin enthaltenen Odontoblastenfortsätzen kann man annehmen, daß die Bildung des Dentins der Funktionsperiode fortschreitet.

Die in den Dentinkanälchen auftretenden Obliterationen dürfen nicht mit der passiven Mineralisation, d.h. mit der Ausfällung von Whitlockt und anderen Kristallen, verwechselt werden. Die passive Mineralisation wird dann in Gang gesetzt, wenn in Folge eines starken und schnell

vordringenden Reizes, z.B. einer Karies oder auch bei Abrasionen die Dentinkanäle eröffnet werden und die Odontoblasten mit den dazugehörigen Fortsätzen zugrunde gehen. Durch die Odontoblastenfortsätze kann somit kein peritubuläres Dentin mehr gebildet werden. Durch das Eindringen von Fremdionen und deren Ausfällung kann es zur passiven Mineralisation und damit auch zu einem Verschuß der offenen Kanäle kommen. Der Unterschied zwischen Obliteration und passiver Mineralisation kann nur mit dem Elektronenmikroskop erkannt werden.

Werden die Reize stärker, so wie es bei dem in Abbildung 5 gezeigten Zahn der Fall gewesen sein muß, so bewirkt eine weitere Bildung von peritubulärem Dentin eine fortschreitende Verengung der Dentinkanälchen, bis schließlich die Kanäle total verschlossen sind. Als Folge des starken Reizes gehen gewöhnlich einige oder mehrere Odontoblasten mit den dazugehörigen Fortsätzen vorzeitig zugrunde. Dies erklärt, warum man bei Schnitten von obliteriertem oder sklerosiertem Dentin offene gebliebene Dentinkanäle finden kann. Alle bisher beschriebenen regressiven Veränderungen beginnen an der Peripherie, d.h. an dem am weitesten von der Zelle entfernten Teil und schreiten langsam in Richtung Pulpa fort. Dieses Fortschreiten erklärt auch, daß die Dentinkanäle oft nicht in ihrem gesamten Verlauf obliteriert sind. Gleichzeitig mit diesen Veränderungen, die sich entlang der Dentinkanäle bzw. den Odontoblastenfortsätzen abspielen, kommt es zur Neubildung von Sekundärdentin auf dem Primärdentin. Wahrscheinlich sind die Odontoblasten in ihrer Funktionsfähigkeit durch die Reize nicht zu stark gestört worden. Oder aber es differenzieren sich aus der Pulpa neue Odontoblasten. Das neugebildete Dentin kann, wie Untersuchungen an anderen Zähnen erkennen ließen, von unterschiedlicher Struktur sein. Ähnlich wie auch bei der Primärdentinsbildung wirken sich Einflüsse auf die Odontoblasten auf die Struktur des Dentins aus. Das bedeutet: Die Struktur des neugebildeten Dentins ist als der Ausdruck

der Zelltätigkeit der Odontoblasten zu betrachten. Sie kann von der Bildung von normalem bis zu zementähnlichem Dentin reichen, wie die Abbildungen 10 und 11 zeigen.

Meistens folgt weiter zur Pulpa hin ein Gebiet, in dem die Anzahl der Dentinkanälchen verringert ist. Dieses Gebiet entspricht der auch lichtmikroskopisch feststellbaren Zone mit verringerter Kanalanzahl. Dies kann so gedeutet werden, daß auf grund des starken Reizes die Odontoblasten nicht mehr in der Lage gewesen sein müssen, Fortsätze zurückzulassen. Sie haben sich entdifferenziert und den Zustand von Fibroblasten angenommen, die zwar keine Fortsätze zurücklassen, aber noch in der Lage sind, kollagene Fasern zu bilden, aus denen die Dentinegrundsubstanz entsteht. Aber auch die Grundsubstanz kann je nach dem Funktionszustand der Zellen unterschiedliche Strukturen aufweisen, die von normalem bis zu zementoidem Aussehen reichen. Kommt es zu einer Regeneration einer Odontoblastenschicht, dann kann durchaus wieder ein normales Dentin gebildet werden, ein Vorgang, der die Grundlage für eine erfolgreiche Überkappung bildet, wie sie von WYLUTZKI beschrieben worden ist.

Um zu überprüfen, ob diese Vorgänge auch in Zähnen auftreten, die einem nur kurzfristigen Reiz ausgesetzt waren, wurden experimentell mit Kavitäten versehene Weisheitszähne untersucht. Es konnten die gleichen wie oben beschriebenen Vorgänge beobachtet werden. Abhängig vom Zeitpunkt der Reizsetzung und der Dauer des Reizes (unversorgte Kavität) konnten im Dentin unterhalb der Kavität die Bildung von peritubulärem Dentin bis hin zur Obliteration festgestellt werden. Auch in diesen Zähnen war eine vakuolige Degeneration der Pulpa zu beobachten, verbunden mit einer minderwertig ausgebildeten Schicht von Prädentin und den sich darin befindlichen Odontoblastenfortsätzen.

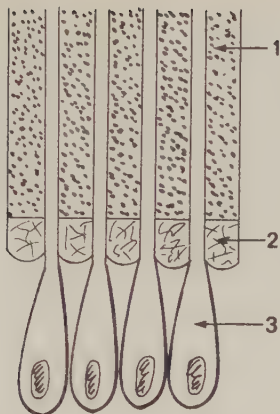
Zusammenfassend kann man die auf physiologische und pathologische Reize auftretenden Reaktionen, die zu unterschiedlichen Veränderungen im Dentin führen, in vitale, von der Aktivität der Odontoblasten abhängige, und in passive, von der Vitalität des Zahnes unabhängige Prozesse einteilen.

Die aktiven, von der Vitalität des Zahnes abhängigen Prozesse erfolgen einmal im Primärdentin entlang der Dentinkanälchen im Bereich der Odontoblastenfortsätze und finden zum anderen in der Neubildung von Dentin auf die bestehende Primärdentinschicht ihren Ausdruck.

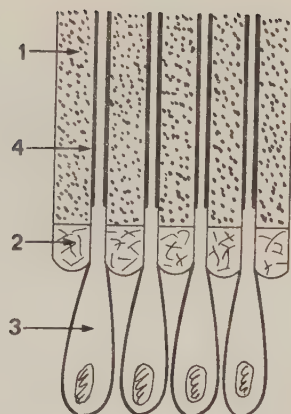
Die passiven, von der Vitalität des Zahnes unabhängigen Prozesse, auf die im Rahmen der Themensetzung nicht weiter eingegangen werden soll, bestehen sowohl in Veränderungen entlang der Dentinkanäle und Veränderung der Grundsubstanz in Form einer De- und Remineralisation. Je nach der Reaktionslage der Pulpa kann auf dieses Dentin eine Sekundärdentinbildung erfolgen.

Die Abbildung 20 zeigt in schematischer Übersicht die sich aus der aktiven Reaktion des vitalen Zahnes ergebenden Veränderungen im Primärdentin und die darauf aufgelagerten Sekundärdentinlagen unterschiedlicher Struktur.

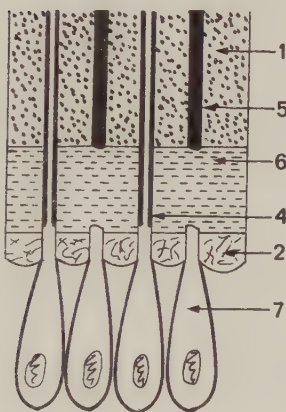
Auf grund verschiedenartiger Reize reagiert die Pulpa also in einer ganz bestimmten Art und Weise innerhalb der ihr möglichen Antwortskala. Wie die Abbildungen zeigen, beginnen diese Reizantworten schon im primären Dentin mit der Anlagerung von peritubulärem Dentin in den Kanälen. Die von DARLING und SCHROEDER beschriebene Bildung von peritubulärem Dentin schon während der Dentinogenese, die sich also besonders in gerade durchgebrochenen Zähnen zeigen müßte, mag vorkommen, konnte bei den eigenen Untersuchungen aber nicht beobachtet werden.



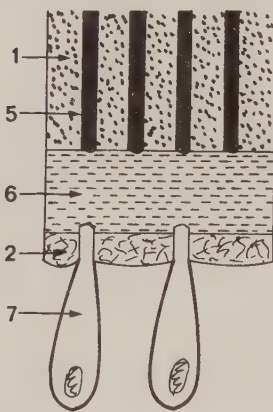
1. Normal



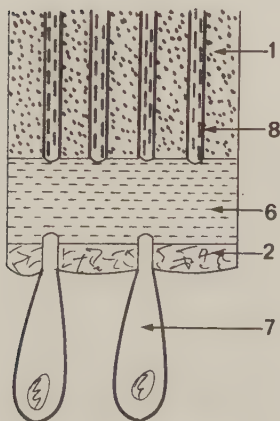
2. Physiolog. Reize



3.1. Patholog. Reize



3.2. Starke path. Reize



4. Passive Mineralisation

Abb. 20: 1 = Primärdentin,
2 = Prädentin,
3 = Odontoblast mit Fortsatz,
4 = peritubuläres Dentin,
5 = obliterierter Kanal,
6 = Sekundärdentin,
7 = neugebildeter Odontoblast mit Fortsatz,
8 = Dentinkanal mit peritubul. Dentin und Kristallen verschlossen.

Es läßt sich abschließend feststellen, daß die Bildung des Sekundärdentins im Prinzip in der gleichen Art und Weise vonstatten geht wie die des Primärdentins. Die dabei gebildeten Strukturen sind Ausdruck der Odontoblastentätigkeit.

6 . Z U S A M M E N F A S S U N G

Zähne, die physiologischen und pathologischen Reizen ausgesetzt waren und im histologischen Schliff die Bildung von Sekundärdentin erkennen ließen, wurden elektronenmikroskopisch untersucht.

Dabei konnte beobachtet werden, daß sich aktive, von der Vitalität des Zahnes abhängige Prozesse einmal im Primärdentin entlang der Dentinkanälchen abspielen und zum anderen zur Neubildung von Dentin auf die Primärdentinschicht führen.

Die Struktur des neugebildeten Sekundärdentins ist als Ausdruck der Zelltätigkeit der Pulpa zu werten und kann daher sehr unterschiedlich sein und vom kanalisierten Dentin bis zu zementähnlichen Strukturen reichen.

Die gleichen Ergebnisse konnten bei experimentellen Versuchen an Weisheitszähnen bestätigt werden.

Zwischen dem Sekundärdentin und Primärdentin bestehen prinzipiell keine Unterschiede.

7 . L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. AMPRINO, R. and CAMANNI, F.:
Historadiographic and autoradiographic Research
on Hard Dental Tissues
Acta Anat., 28, 217
2. ANDERSON, A.W.:
Reparative Dentine Formation and Pulp Morphology
Oral Surg.Med.Path., 26, 6, 857, 1968
3. ARWILL, T.:
The Ultrastructure of the Pulpo-Dentinal Border Zone
aus: N.B.B. Symons:
Dentine and Pulp: Their Structure and Reactions
by E. and S. Livingstone Ltd., Edinburgh and London
4. BENZER, S.:
The Development and Morphology of Physiological
Secondary Dentine
Jour.Dent.Res., 27, 5, 640, 1948
5. BEVELANDER, G. and BENZER, S.:
Morphology and Incidence of Secondary Dentine
in Human Teeth
Jour.Am.Dent.Ass. 1943, 1075
6. BOEDECKER, C.F.W.:
Die Anatomie und Pathologie der Zähne
Zweite Ausgabe, 1899
7. BOEDECKER, C.F.W.:
Effect of Filling Materials upon Teeth
Dent.Cosmos, 72, 1001, 1930

8. BUNTING, R.W. and HILL, T.J.:
A Textbook of Oral Pathology (Book review)
D. Items Interest., 62, 798-799, 1940 und
Jour.Am.Dent.Ass., 27, 937-938, 1940
9. BURSTONE, M.S.:
The Ground Substance of Abnormal Dentin,
Secondary Dentin and Pulp Calcifications
Jour.Dent.Res., April 1953, 269-279
10. CORBETT, M.E.:
The Incidence of Secondary Dentin in Carious Teeth
Brit.Dent.Jour., 114, 4, 142, 1963
11. DARLING, A.I.:
Response of the pulpodentinal complex to injury
aus: Gorlin, R.J. and Goldman, H.M.:
Thoma's Oral Pathology, Volume one
The C.V. Mosby Company, St. Louis, 1970
12. EULER, H. und REBEL, H.H.:
Sekundäre Odontoblastenbildung
Ztschr.f.Stomatol., 30, 515, 588, 1932
13. FISH, E.W.:
The Circulation of Lymph in Dentin and Enamel
Jour.Am.Dent.Ass., 14, 804, 1927
14. FISH, E.W.:
Lesions of the Dentin and their Significance
in the Production of Dental Caries
Jour.Am.Dent.Ass., 17, 992, 1930
15. FISH, E.W.:
The Pathology of the Dentine and the Dental Pulp
Brit.Dent.Jour., 53, 351, 1932

16. GOTTLIEB, B.:
Development and Physiologic Purpose of the
Organic Matter or Enamel
Jour.Dent.Res., 22, 185, 1943
17. GOTTLIEB, B.:
The Formation of Secondary Dentin and
Related Problems
Jour.Dent.Res., 25, 1, 29, 1946
18. GOTTLIEB, B.:
Dental Caries, 1947
19. GUGGOLZ, B.:
Elektronenmikroskopische Untersuchungen des Dentins
von bleibenden menschlichen Zähnen mit Abrasion und
keilförmigen Defekten
Med.Diss. Berlin, 1973
20. GURLEY, W.B. and VAN HUYSEN, G.:
Histologic Changes in Teeth due to Plastic
Filling Materials
Jour.Am.Dent.Ass., 24, 1806, 1937
21. IRELAND, R.L.:
Secondary Dentin Formation in the Deciduous Teeth
Jour.Am.Dent.Ass., 28, 1626-1632, 1941
22. JAMES, V.E., SCHOUR, I. and SPENCE, J.M.:
Biology of the Pulp and its Defense
Jour.Am.Dent.Ass., 59, 903, 1959
23. KALNINS, V.:
Healing of the exposed Pulp under a Pressure
dressing in Human Deciduous Teeth
Odont.Revy., 13, 15-33, No. I

24. KÖNIG, F.A.:
Sekundäres Dentin und Dentikel
Ztschr.f.Stomatol., 39, 4, 109, 1941
25. KRÄLING, B.:
Elektronenmikroskopische Untersuchungen an Zähnen
mit dem klinischen Bild einer Zementkaries.
Med.Diss. Berlin, 1973
26. KRAMMER, R.H. and MCLEAN, J.W.:
Response of the Human Pulp to Self-polymerizing
Acrylic Restorations
Brit.Dent.Jour., 92, 255-261, 281-297, 1952
27. KRONFELD, R.:
Spielt die Qualität der Hartsubstanz eine Rolle
Ztschr.f.Stomatol., 25, 1099, 1927
28. KRONFELD, R.:
Histopathology of the Teeth and their Surrounding
Structures
1939
29. KRÜGER, V. und RAKUTTIS, G.:
Das Röntgenbild der Hartsubstanzen des normalen
und kariösen Zahnes
Dtsch.Zahnärztl.Z., 7, 141
30. KUTTLER, Y.:
Classification of Dentine into Primary, Secondary,
Tertiary
Oral Surg. 1959, Bd. II, 996-1001
31. LENZ, H.:
Elektronenmikroskopische Untersuchungen des normalen
Dentins und deren Veränderung durch Karieseinwirkung
Med.Diss. Berlin, 1955

32. LENZ, H.:
Elektronenmikroskopische Untersuchungen über regressiv und produktive Veränderungen im Dentin als Reaktion der vitalen Pulpa auf Irritationen. Vortragsmanuskript für II. Internat. Week for Dent., Istanbul 1973
33. ORBAN, B.:
The Development of Dentin
Jour.Am.Dent.Ass., 16, 1547, 1929
34. ORBAN, B.:
Verwendung des Formalins in der konservierenden Zahnheilkunde
Ztschr.f.Stomatol., 32, 303-318, 1934
35. ORBAN, B.:
Oral Histology and Embryology
1944
36. PHILIPPAS, H.G. and APPLEBAUM, E.:
Age Factor in Secondary Dentin Formation
Jour.Dent.Res., 3, 778, 1966
37. REICH, P.:
Das irreguläre Dentin der Gebrauchsperiode
Gustav Fischer, Jena, 1907
38. REKATE, H.:
Elektronenmikroskopische Untersuchungen der durch eine Caries profunda hervorgerufenen Veränderungen
Med.Diss. Berlin, 1975
39. SAUERWEIN, E.:
Kariologie
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1974

40. SCHROEDER, H.E.:
Orale Strukturbiologie
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1976
41. STANLEY, H.R., WHITE, C.L. and MCCRAY, L.:
The Rate of Tertiary (Reparative) Dentine Formation
in the Human Tooth
Oral Surg., 1, 180, 1966
42. WANNENMACHER, E.:
Die Veränderungen der Pulpa bei keilförmigen Defekten
mit besonderer Berücksichtigung der Reizdentinbildung
Korresp.Bl.Zahnärzte, 12, 388, 1927
43. WYLUTZKI, B.P.:
Elektronenmikroskopische Untersuchungen an mensch-
lichen Zähnen mit direkter und indirekter Überkappung
Med.Diss. Berlin, 1975
44. YOSHIDA, S. and MASSLER, M.:
Pulpal Reactions to Dental Caries
N.Y.State D.J., 34, 6, 215-222, 1964
45. ZANDER, H.A. and SMITH, W.H.:
Penetration of Silver-Nitrate into Dentin
Jour.Dent.Res., 24, 121, 1945

Herrn Professor Dr. Hans Lenz möchte ich an dieser Stelle ganz herzlich für die Überlassung des Themas der Dissertation danken sowie für die stete und geduldige Hilfsbereitschaft bei der Durchführung dieser Arbeit.

Außerdem danke ich den Damen Adam, Kähler und Schulz-Gerhardt für ihre große Hilfe bei den elektronenmikroskopischen Untersuchungen und den fototechnischen Arbeiten.

Den Kollegen der Chirurgischen Abteilung der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Freien Universität Berlin gilt der Dank für die Unterstützung bei der Suche nach geeignetem Material.

L E B E N S L A U F

Am 11. April 1948 wurde ich, Detlev Diebener, als Sohn des Ingenieurs Wilhelm Diebener und seiner Ehefrau Erika, geb. Voß, in Hamm/Westf. geboren.

Nach der Volksschulzeit in Kohlscheid bei Aachen trat ich 1959 in das Couven-Gymnasium in Aachen ein. Die Reifeprüfung bestand ich am 11. Juni 1968 am Städtischen neusprachlichen Gymnasium zu Kamen.

Zum Wintersemester 1968/69 wurde ich an der Freien Universität Berlin, Veterinärmedizinische Fakultät, immatrikuliert. Zu Beginn des Sommersemesters 1970 wechselte ich zum Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde über. Die Bestallung als Zahnarzt erhielt ich am 26.2.1975.

Seit dem 1. Mai 1975 bin ich als Wissenschaftlicher Assistent in der Abteilung für Zahnärztliche Chirurgie des Fachbereiches Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Freien Universität Berlin tätig.

